

?t 1/3/all

1/3/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

10/510349

DT04 Rec'd PCT/PTO 06 OCT 2004

014397766 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2002-218469/200228

XRPX Acc No: N02-167508

Residual gaseous component elimination, for the manufacture of a superconducting wire, by the use of high temperature degassing and reduced pressure sealing

Patent Assignee: SUMITOMO ELECTRIC IND CO (SUME )

Inventor: AYAI N; KANEKO T; KOBAYASHI S; MIKUMO A; UEYAMA M; AKIRA M; MUNETSUGU U; NAOKI A; TETSUYUKI K

Number of Countries: 029 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 1113508	A2	20010704	EP 2000403701	A	20001228	200228 B
AU 200066681	A	20010705	AU 200066681	A	20001023	200228
JP 2001184956	A	20010706	JP 99373238	A	19991228	200228
US 6493925	B1	20021217	US 2000666153	A	20000919	200307

Priority Applications (No Type Date): JP 99373238 A 19991228

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 1113508 A2 E 13 H01L-039/24

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT  
LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI TR

AU 200066681 A H01B-012/08

JP 2001184956 A 9 H01B-012/10

US 6493925 B1 H01L-039/24

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2001184956 A

(43) Date of publication of application: 06.07.01

(51) Int. Cl

H01B 12/10  
H01B 13/00

(21) Application number: 11373238

(22) Date of filing: 28.12.99

(71) Applicant: SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(72) Inventor: KANEKO TETSUYUKI  
KAMIYAMA MUNETSUGU  
MIKUMO AKIRA  
AYAI NAOKI  
KOBAYASHI SHINICHI

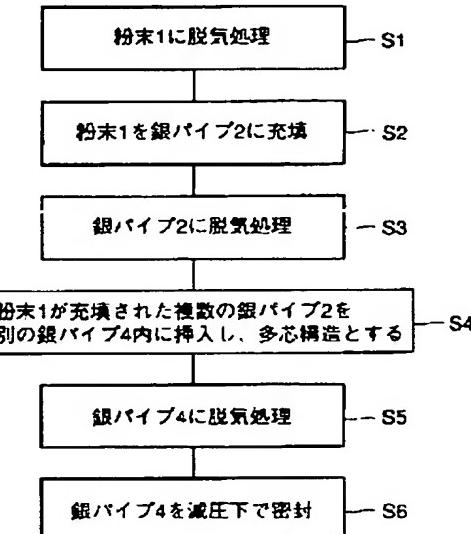
(54) METHOD OF FABRICATING  
SUPERCONDUCTING WIRE ROD

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of fabricating a superconducting wire rod for preventing a blistering of a multicore superconducting wire rod caused by a remaining gas component.

SOLUTION: A powder 1 at least containing a superconducting phase is degassed (step S1). After the powder is charged into a silver pipe 2 (step S2), the silver pipe 2 is subjected to a degassing treatment at a high temperature (step S3). A plurality of simple-core strands 3 are inserted into another silver pipe 4, and become a multicore structure. Then, the silver pipe 4 is subjected to a degassing treatment at a high temperature (step S5). The silver pipe 4 is sealed under reduced pressure (step S6).

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-184956

(P 2 0 0 1 - 1 8 4 9 5 6 A)

(43) 公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51) Int.C1.	識別記号	F I	マークコード	(参考)
H01B 12/10	ZAA	H01B 12/10	ZAA	5G321
13/00	565	13/00	565	D

審査請求 有 請求項の数11 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平11-373238  
(22) 出願日 平成11年12月28日(1999.12.28)

(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(72) 発明者 兼子 哲幸  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内  
(72) 発明者 上山 宗譜  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内  
(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎 (外4名)

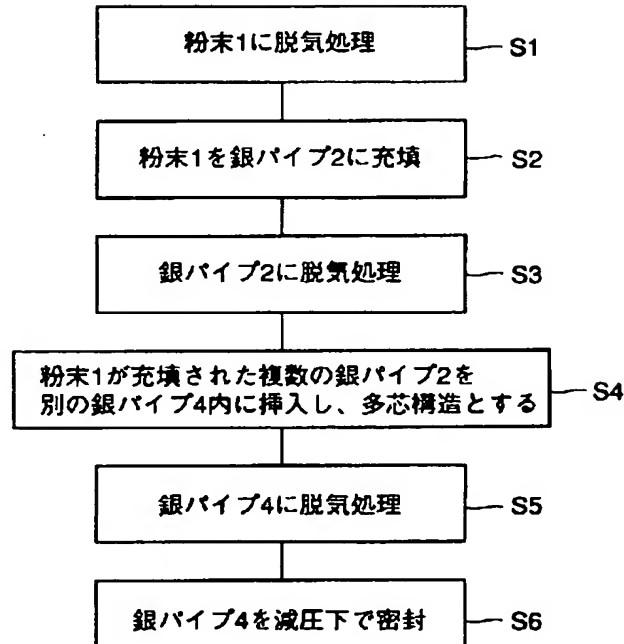
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超電導線材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 多芯超電導線材を製造する場合においても、残留ガス成分による線材の膨れを防止できる超電導線材の製造方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも超電導相を含む粉末1が脱氣処理される(ステップS1)。この粉末が銀パイプ2に充填(ステップS2)された後、銀パイプ2に高温下での脱氣処理が施される(ステップS3)。複数の单芯素線3が別の銀パイプ4内に挿入され、多芯構造とされた後、その銀パイプ4に高温下での脱氣処理が施される(ステップS5)。銀パイプ4が減圧下で密封される(ステップS6)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも超電導相を含む粉末が充填されかつ脱気処理された複数本の第1の金属管を、第2の金属管に挿入する工程と、

前記第1の金属管が挿入された前記第2の金属管に高温下での脱気処理を施す工程と、

脱気処理された前記第2の金属管を大気よりも減圧された状態で密封する工程とを備えた、超電導線材の製造方法。

【請求項2】 前記粉末が充填されかつ脱気処理された第1の金属管を準備する工程は、

少なくとも超電導相を含む粉末に高温下での脱気処理を施す工程と、

脱気処理された前記粉末を前記第1の金属管に充填する工程と、

充填された前記第1の金属管に高温下での脱気処理を施す工程とを有する、請求項1に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項3】 前記粉末の脱気処理、前記第1の金属管の脱気処理および前記第2の金属管の脱気処理は、10Pa以上10<sup>5</sup>Pa以下での圧力下で400℃以上800℃以下の温度条件で行なわれる、請求項2に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項4】 前記粉末の脱気処理、前記第1の金属管の脱気処理および前記第2の金属管の脱気処理は、10<sup>2</sup>Pa以上10<sup>3</sup>Pa以下の圧力下で400℃以上750℃以下の温度条件で行なわれる、請求項3に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項5】 前記粉末の脱気処理、前記第1の金属管の脱気処理および前記第2の金属管の脱気処理は、大気圧下で400℃以上800℃以下の温度条件で行なわれる、請求項3に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項6】 前記粉末に含まれる超電導相はビスマス系酸化物超電導相である、請求項1～5のいずれかに記載の超電導線材の製造方法。

【請求項7】 前記第1の金属管に充填される前の前記粉末は、少なくとも超電導相である多量の2212相と少量の2223相とを含んでいる、請求項6に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項8】 前記第2の金属管を密封した後に、前記粉末の超電導相の実質すべてを2223相にするための熱処理を施す工程をさらに備える、請求項6に記載の超電導線材の製造方法。

【請求項9】 前記第2の金属管を密封する工程は、0.3×10<sup>5</sup>Pa以下の圧力状態で行なわれる、請求項1～8のいずれかに記載の超電導線材の製造方法。

【請求項10】 前記第1の金属管の脱気処理後に大気圧に解放する温度は200℃以下である、請求項1～9のいずれかに記載の超電導線材の製造方法。

【請求項11】 前記第2の金属管を密封する工程は、

600℃以上750℃以下の温度で行なわれる、請求項1～10のいずれかに記載の超電導線材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、超電導線材の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 銅系酸化物超電導線材を金属被覆することからなる多芯超電導線材を製造する場合、まず酸化物

10 粉末を銀などの金属パイプに充填し单芯材が作られる。その後に单芯材が複数本束ねられて別の銀などの金属パイプに挿入されることで多芯構造が得られる。その多芯構造の母線に伸線、圧延などの加工を施し、線材形状にした後、焼結することで超電導性を有する線材が得られる。

【0003】 このような製造方法において、金属パイプ内にはガス成分が自然と存在することになる。特に金属パイプ内に複数の素線を嵌合する方式では、多数の構成要素を含むため、下に記す多様なガスの元が存在することになる。

20 このガス成分が線材内部で焼結時の温度上昇に伴い膨張し、そのため線材が膨れてしまうという現象が生じる。この膨れが局部的に生じた場合は、その箇所の性能（臨界電流）が大きく劣化する。また局部的ではなく、広く薄く生じる場合は内部の超電導セラミック部に隙間が生じ、電流の流れが悪くなり、全体的性能の低下が引き起こされる。

【0004】 また多芯構造の線材において、各フィラメント間にガス成分が残留している場合、各フィラメント間の密着（電気的接触）が悪くなり、各フィラメントに均一に電流が流れなくなり、性能が不均一となる。

【0005】 この膨れ現象を引き起こすガス成分の元としては以下のものが挙げられる。

(1) 酸化物粉末中に化学的結合した炭素、酸素、窒素、水酸基（-OH）。

【0006】 (2) 粉末表面に吸着した炭酸ガス、酸素、窒素、水。

(3) 線材内部の空間的隙間（粉末間、内挿される金属管同士の間）に存在する各種のガス（空気など）。

【0007】 (4) 内挿される金属パイプの内外表面40 および、嵌合用の外側の金属パイプの内表面に付着した油や異物が気化することによるもの。

【0008】 (5) 金属パイプに固溶したガス（特に銀は酸素を固溶しやすい）。膨れ現象解決のため、特開平6-176635号公報では、真空中あるいは低湿度下で粉末を金属パイプ内に充填し、蓋をする方法がとられている。また特開平8-50827号公報では、孔のあけられた銀ボルト材（レンコンのような形状）に粉末が充填され、銀が再結晶化しないような温度（130℃）以下で蓋をする方法がとられている。また特開平4-292811号公報では、脱気された粉末を金属管に

詰め、室温で真空引きした後に蓋をするという方法がとられている。

### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記公報に開示された技術では、膨れ防止にそれぞれ効果は見られるが、完全に膨れを押え込むことは難しい。なぜならば、特開平6-176635号公報の技術では膨れの元(3)のみが除去できるだけである。また特開平8-50827号公報の技術でも同じく膨れの元(3)が除去できるのみである。さらにこの公報では、銀の固まりに孔をあけるため銀パイプの表面という概念がない。また特開平4-292811号公報の技術でも膨れの元(3)を除去できる。また、一部膨れの元(1)および(2)も粉末の脱気という工程で除去することができるが、パイプ内へ粉末を充填する際のガス成分の再吸着を防ぐことはできない。

【0010】また特開平6-176635号公報と特開平4-292811号公報との組合せによっても、膨れの元(1)、(2)および(3)を除去する方法は考えられる。しかし、従来技術では、膨れの元(4)および(5)を除去することはできない。またいずれの場合も単芯構造あるいは単一銀塊を想定しているため、粉末部のガスにしか着目されていない。

【0011】また、いずれの場合でも高温で気化して発生するガス((1)および(2)の一部、(4)、(5))の対策が十分でないものが密封空間に閉じ込められる。このため、線材形成工程で偶然抜けるかもしれないガス成分をより抜けにくくし、逆に膨れ現象を多発させることもある。

【0012】それゆえ本発明の目的は、多芯構造の超電導線材を製造する場合においても残留ガス成分による線材の膨れを防止できる超電導線材の製造方法を提供する。

### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の超電導線材の製造方法は以下の工程を備えている。

【0014】まず少なくとも超電導相を含む粉末が充填されかつ脱気処理された複数本の第1の金属管が、第2の金属管に挿入される。そして第1の金属管が挿入された第2の金属管に高温下での脱気処理が施される。そして脱気処理された第2の金属管が大気よりも減圧された状態で密封される。

【0015】本発明の超電導線材の製造方法では、粉末が脱気処理されているので、上記(1)および(2)のガス成分の元を除去することができる。また、第1の金属管は粉末が充填された後に脱気処理されるため、上記(3)のガス成分の元を除去することができる。さらに、第2の金属管は第1の金属管が挿入された状態で脱気処理されるため、上記(4)および(5)のガス成分の元を除去できるとともに、減圧下で密封されるため上

記(3)の要因を封じ込めかつ構成部品の脱気処理の効果を維持することができる。

【0016】さらに高温下の脱気処理は内挿される第1の金属管の表面および外側の第2の金属管の内表面を清浄にする効果を持ち、線材形成工程における金属管同士の密着性を良くし、金属管間の隙間を減少させることにも効果を有する。これにより、電気的な接触も良好になることに加え、ガス溜りの要因となる隙間が線材内部に発生しにくくなる。

【0017】以上より、線材の膨れの元となるすべての要因を除去することができるため、臨界電流の劣化を防止でき、かつ全体的性能の劣化も生じない超電導線材を得ることができる。

【0018】上記の超電導線材の製造方法において、粉末が充填されかつ脱気処理された第1の金属管を準備する工程は、少なくとも超電導相を含む粉末に高温下での脱気処理を施す工程と、脱気処理された粉末を第1の金属管に充填する工程と、充填された第1の金属管に高温下での脱気処理を施す工程とを有することが好ましい。

【0019】これにより、粉末の脱気と第1の金属管の脱気とが可能となる。また上記の超電導線材の製造方法において、粉末の脱気処理、第1の金属管の脱気処理および第2の金属管の脱気処理は、 $10\text{ Pa}$ 以上 $10^5\text{ Pa}$ 以下での圧力下で $400^\circ\text{C}$ 以上 $800^\circ\text{C}$ 以下の温度条件で行なわれる。

【0020】これにより、粉末の構成相を変化させることなく脱気処理を行なうことができるため、高い臨界電流値を得ることができる。

【0021】また上記の超電導線材の製造方法において、粉末の脱気処理、第1の金属管の脱気処理および第2の金属管の脱気処理は、 $10^2\text{ Pa}$ 以上 $10^3\text{ Pa}$ 以下の圧力下では $400^\circ\text{C}$ 以上 $750^\circ\text{C}$ 以下の温度条件で、また大気圧下では $400^\circ\text{C}$ 以上 $800^\circ\text{C}$ 以下の温度条件で行なわることが好ましい。

【0022】脱気時の温度が高いほど脱気の効果は高くなるが、この脱気時の温度には粉末部の観点から制約が生じる。粉末中のガス成分は真空度(雰囲気)に依存するが、 $10^2\text{ Pa}$ 以上 $10^3\text{ Pa}$ 以下の減圧雰囲気では $400^\circ\text{C}$ 以上 $750^\circ\text{C}$ 以下の温度で粉末構成相を変化させないでガスを抜くことができる。また大気下 $10^5\text{ Pa}$ (1気圧程度)では $400^\circ\text{C}$ 以上 $800^\circ\text{C}$ 以下の温度が線材性能を変えない温度である。また通常銀管の加工に使用される潤滑油は $200^\circ\text{C}$ 程度から気化し始める。銀中の酸素移動能は温度上昇に伴って大きくなる。移動能が大きくなれば銀からより酸素が抜けやすくなる。この場合も温度はできるだけ高いことが望ましい。したがって、上記の圧力・温度条件であれば、粉末構成相を変化させることなく、また線材性能を変化させることなく、スムーズにガスを抜くことができる。

【0023】また上記の超電導線材の製造方法において

て、粉末に含まれる超電導相はビスマス系酸化物超電導相であることが好ましい。

【0024】このような超電導線材の製造方法には、ビスマス系酸化物超電導相が特に適している。

【0025】また上記の超電導線材の製造方法において、第1の金属管に充填される前の粉末は、少なくとも超電導相である多量の2212相と少量の2223相とを含んでいることが好ましい。

【0026】また上記の超電導線材の製造方法において、第2の金属管を密封した後に、粉末の超電導相の実質すべてを2223相にするための熱処理を施す工程がさらに備えられていることが好ましい。

【0027】このように製造工程において超電導相を制御することにより、最終的に優れた超電導特性を有する超電導線材を得ることができる。

【0028】また上記の超電導線材の製造方法において、第2の金属管を密封する工程は $0.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以下の圧力状態で行なわれることが好ましい。

【0029】封じ込める真密度としてはより真密度が高い(低圧)方が望ましいが、超電導化するための熱処理温度(850°C程度)におけるガスの体積膨張を考えると、 $0.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1/3気圧程度)以下でよいといえる。つまり、超電導化するための熱処理温度(850°C)においてガスは3倍に膨張するため、初期のガス量が1/3以下であれば、超電導化のための熱処理時にガスが体積膨張してもそのままの空間に収まる体積となるからである。

【0030】また上記の超電導線材の製造方法において、第1の金属管の脱気処理後に大気圧に解放する温度は200°C以下であることが好ましい。

【0031】これにより、線材の膨れを防止することができる。また上記の超電導線材の製造方法において、第2の金属管の密封は600°C以上750°C以下の温度で行なわれることが好ましい。

### 【0032】

【実施例】まず本発明の方法により製造される超電導線材の構成について説明する。

【0033】図1および図2は、本発明の方法により製造される超電導線材の構成を概略的に示す部分断面斜視図および断面図である。図1および図2を参照して、本発明の方法により製造される超電導線材5は、複数本の单芯素線3と、それらを嵌合する銀パイプ4とから構成されており、多芯構造を有している。また場合によっては隙間を減少させる銀棒(フィラー)6や、单芯素線3間の絶縁材(非超電導材粉末や銀以外の金属)も含まれる。单芯素線3は、銀パイプ2に超電導相を含む粉末1が充填されて構成されている。

【0034】次に本発明の一実施例による超電導線材の製造方法について説明する。図3は、本発明の一実施例における超電導線材の製造方法を示す図である。図3を

参照して、Bi:Pb:Sr:Ca:Cu=1.8:0.3:1.9:2.0:3.0の組成比になるよう、酸化物あるいは炭酸化物の原料粉を混合した。これに700~860°C程度の熱処理を複数回施し、多量の(BiPb)<sub>x</sub>Sr<sub>y</sub>Ca<sub>z</sub>Cu<sub>o</sub>(Bi-2212相と呼ぶ)と少量の(BiPb)<sub>x</sub>Sr<sub>y</sub>Ca<sub>z</sub>Cu<sub>o</sub>(Bi-2223相と呼ぶ)および非超電導相から構成される粉末1を用意した。本粉末1を熱処理後すぐに銀パイプ2に充填するか、あるいは、すぐに充填しない場合には、保管中に吸収したガス成分を除去するために大気中で800°C、減圧下 $10^2 \sim 10^3 \text{ Pa}$ では400~750°Cの温度にて10時間程度の熱処理を施して脱気処理を行なった後に(ステップS1)、粉末1を銀パイプ2に充填した(ステップS2)。この熱処理温度は、上述した粉末構成相を変えない条件に設定した。

【0035】この粉末1が充填された銀パイプ2(单芯の素線)を伸線により縮径加工した。この際加工時に使用される潤滑油が銀パイプ2の表面に付着することもある。そこで、この素線には大気下では400~800°C、減圧下 $10^2 \sim 10^3 \text{ Pa}$ では400~750°Cの温度で10時間程度の熱処理を施し、脱気処理を行なった(ステップS3)。その後さらに单芯素線を伸線加工によって縮径した。この单芯素線を切断し、61本の嵌合用素線3を得た。この61本の素線3を別の銀パイプ4内に挿入し、61芯を持つ多芯構造を形成した(ステップS4)。

【0036】多芯構造の内部には充填しきれない隙間が生じていた。この多芯構造母材に大気下では400~800°C、減圧下 $10^2 \sim 10^3 \text{ Pa}$ では400~750°Cの温度で10時間程度の熱処理を施し、脱気処理を行なった(ステップS5)。室温まで冷却した後、高真空に内部を真空引きして電子ビーム溶接で銀パイプ4の蓋をし、内部を真空状態に維持した(ステップS6)。この蓋は真密度が保てれば、電子ビームに限られず他の方法により形成されてもよい。

【0037】この密封された多芯構造母材に伸線加工を施し、長尺材とした後、圧延加工を施してテープ形状の線材を得た。このテープ形状の線材を大気中で850°C程度の温度で50時間以上の熱処理を行ない、さらにもう一度圧延操作を行なった。なお、この850°C程度の熱処理は、脱気処理とは異なり、粉末の相を変化させるものであるため高い温度に設定した。上記圧延操作が行なわれたテープ形状の線材にもう一度大気中で850°C程度の温度で50時間以上熱処理を施した。これにより、内部の粉末1はほぼ(実質)すべて目的とするBi-2223相に変化し、超電導性を有するようになった。

【0038】これにより、幅が4mm、厚さが0.2mm、断面における超電導部の面積(フィラメントの総面積)が $0.25 \text{ mm}^2$ の超電導線材を得た。

【0039】上記の製造工程において、脱気処理の条件を種々変えた場合に、膨れがなく、臨界電流値も非常に高い最善例は、表1に示すような条件であった。

【0040】なお、表1中において「粉末脱気処理条件」とは、図3のステップS1での条件であり、「单芯素線脱気処理条件」とはステップS3での条件であり、「多芯母材脱気処理条件」はステップS5の条件であり、「減圧密封条件」とはステップS6での条件である。

【0041】

10

【表1】

線材	最善例
粉末脱気処理条件(S1)	800°C大気
单芯素線脱気処理条件(S3)	750°C, 100-1000Pa
多芯母材脱気処理条件(S5)	750°C, 100-1000Pa
減圧密封条件(S6)	1000Pa 罩
膨れ数(個/km)	0
臨界電流値(A)	70

【0042】また、各工程での脱気処理条件または密封条件を変えて作製された超電導線材の膨れ数(1km当たりの数)とその液体窒素温度での臨界電流値を調べた。その結果を表2～表5に示す。

【0043】

【表2】

線材 粉末脱気 処理条件(S1)	最善例 800°C 大気	A2 なし	B2 200°C, 大気	C2 400°C, 大気	D2 850°C, 大気	E2 200°C, 100-1000Pa	F2 400°C, 100-1000Pa	H2 750°C, 100-1000Pa	I2 800°C, 100-1000Pa	J2 750°C, 100-1000Pa	K2 750°C, 10Pa
单芯素線脱気 処理条件(S3)											
多芯母材脱気 処理条件(S5)											
減圧密封条件 (S6)											
膨れ数(個/km)	0	550	50	7	0	100		3	2	0	0
臨界電流値(A)	70	40	60	65	30	80		65	85	35	50

【0044】

【表3】

線材	最普例	A3	B3	C3	D3	E3	F3	H3	I3	J3	K3
<b>800°C, 大気</b>											
<b>800°C, 大気</b>											
粉末脱氣											
處理条件 (S1)											
単芯素線脱氣	750°C, 100-1000Pa	なし	200°C, 大気	400°C, 大気	800°C, 大気	850°C, 大気	200°C, 100-1000Pa	400°C, 100-1000Pa	800°C, 100-1000Pa	750°C, 100-1000Pa	750°C, 10Pa
多芯母材脱氣											
處理条件 (S3)											
減圧密封条件											
(S6)											
膨れ数(固/1m)	0	600	100	8	3	0	150	2	0	0	0
臨界電流値(A)	70	40	60	65	60	35	65	65	30	55	36

【0045】

【表4】

線材	最普例	A4	B4	C4	D4	E4	F4	H4	I4	J4	K4
<b>800°C, 大気</b>											
<b>800°C, 大気</b>											
粉末脱氣											
處理条件 (S1)											
単芯素線脱氣											
處理条件 (S3)											
多芯母材脱氣	750°C, 100-1000Pa	なし	200°C, 大気	400°C, 大気	800°C, 大気	850°C, 大気	200°C, 100-1000Pa	400°C, 100-1000Pa	800°C, 100-1000Pa	750°C, 100-1000Pa	750°C, 10Pa
減圧密封条件											
(S6)											
膨れ数(固/1m)	0	450	180	5	0	0	200	0	0	0	0
臨界電流値(A)	70	37	63	55	60	25	61	65	33	53	27

【0046】

【表5】

線材	最善例	A5	B5	C5	D5	E5
粉末脱気 処理条件(S1)	800°C, 大気					
単芯素線脱気 処理条件(S3)	750°C, 100-1000Pa					
多芯母材脱気 処理条件(S5)	750°C, 100-1000Pa					
減圧密封条件 (S6)	1000Pa 蓋 なし	100000Pa 蓋	50000Pa 蓋	30000Pa 蓋	10000Pa 蓋	
膨れ数(個/km)	0	350	270	150	5	3
臨界電流値(A)	70	66	65	63	65	66

【0047】表2～4から分かるように、ステップS1、S3およびS5の脱気処理においては、大気中および減圧雰囲気( $10^2\sim10^3\text{ Pa}$ )中のいずれの場合にも、400°C以上の温度で熱処理されると膨れ数が10個未満になることがわかる。脱気処理条件として大気中で850°C以上の温度に熱処理されると、また減圧雰囲気中で800°C以上の温度で熱処理されると、膨れ数は少なくなるが臨界電流値が25～35Aと低くなることがわかる。

【0048】以上より、脱気処理条件を、大気中では400°C以上800°C以下、また減圧雰囲気下では400°C以上750°C以下とすることにより膨れ数が少なく、かつ臨界電流値も高い超電導線材の得られることがわかる。

【0049】また真空度が高い条件1Paでは粉末相が

変化してしまい臨界電流値が低くなることが判明した。よって、脱気処理の圧力条件としては大気圧から10Paが好ましいことがわかる。

【0050】また表5より、銀パイプ4を密閉する真空度としては、 $0.3\times10^5\text{ Pa}$ (0.3気圧程度)以下で膨れ数が激減することがわかる。密閉する温度は室温でも効果があるが、減圧下での脱気状態を維持したまま高温下で蓋をすることは原理的に等価であることはいまでもない。

【0051】また図3のステップS3において銀パイプ2に750°Cの温度で $10^2\sim10^3\text{ Pa}$ の減圧下で脱気処理を施した後、大気圧へ解放した際の温度を変えたときの膨れ数を測定した。その結果を表6に示す。

#### 【0052】

【表6】

線材	A6	B6	C6	D6	E6	F6
単芯素線脱気 処理条件(S3)	750°C, 100-1000Pa					
大気解放温度 (°C)	30	100	200	300	400	500
膨れ数(個/km)	0	0	0	10	15	18

【0053】表6の結果より、大気圧への解放温度が200°Cより高くなると膨れ数が増加することがわかる。これは、冷却時の粉末部におけるガス再吸収が大きくなることによるものである。

【0054】以上より、単芯素線を脱気処理した後の大気圧へ解放する温度は200°C以下が好ましいことがわかる。

【0055】今回開示された実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の超電導線材の製造方法では、粉末が脱気処理されているので、粉末からガス成分の元を除去することができる。また、第1の金属管は粉末が充填された後に脱気処理されるため、第1の金属管からガス成分の元を除去することができる。さらに、第2の金属管は第1の金属管が挿入された状態で脱気処理されるため、第2の金属管からガス成分の元を除去できるとともに、減圧下で密封されたため内挿される構成部品の脱気処理の効果を維持することができる。

【0057】さらに高温下の脱気処理は内挿される第1の金属管の表面および外側の第2の金属管の内表面を清

淨にする効果を持ち、線材形成工程における金属管同士の密着性をよくし、金属管間の隙間を減少させることにも効果がある。これにより、電気的な接触も良好になることに加え、ガス溜りの要因となる隙間が線材内部に発生しにくくなる。

【0058】以上より、線材の膨れの元となるすべての要因を除去することができるため、臨界電流の劣化を防止でき、かつ全体的性能の劣化も生じない超電導線材を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法により製造される超電導線材の構成を概略的に示す一部断面斜視図である。

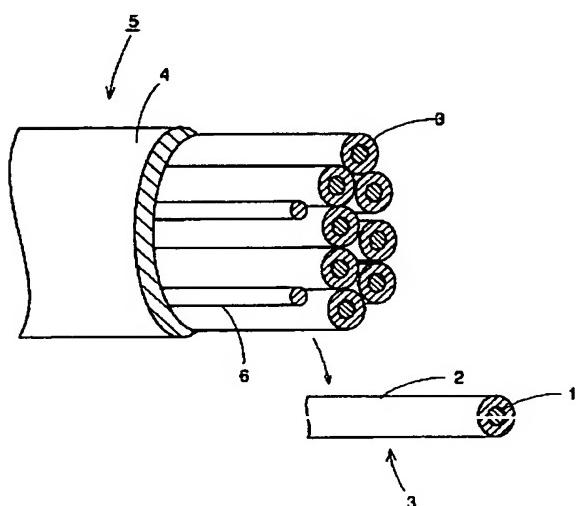
【図2】 本発明の方法により製造される超電導線材の構成を概略的に示す断面図である。

【図3】 本発明の一実施例における超電導線材の製造方法を示す図である。

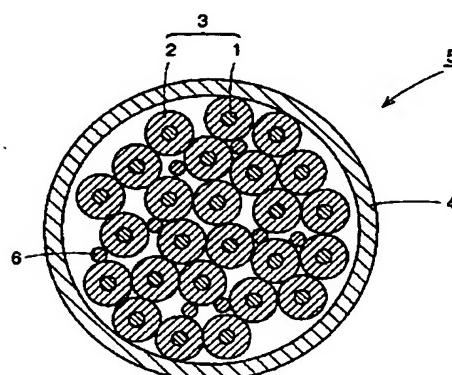
【符号の説明】

1 粉末、2 内銀パイプ、3 単芯素線、4 外側銀パイプ、5 超電導線材、6 フィラー。

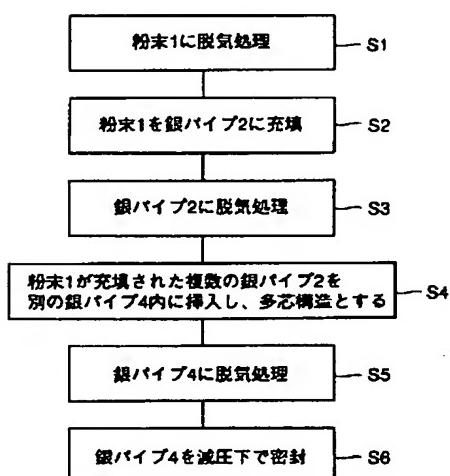
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72) 発明者 三雲 晃  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 綾井 直樹  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 小林 慎一  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

F ターム(参考) 5G321 AA06 BA01 CA09 CA30 CA32  
DB18